

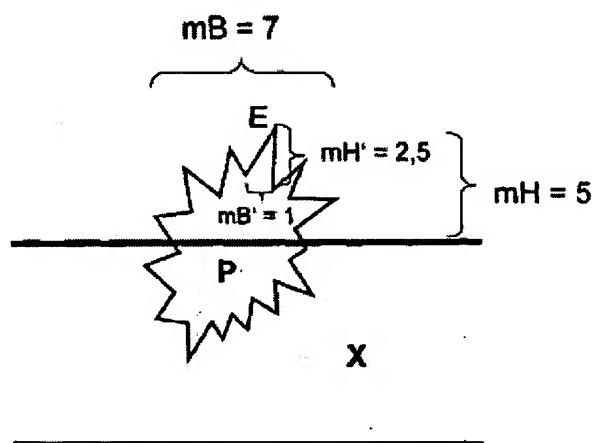
**Separator for removal of liquid from gas stream, comprises separation element composed of hydrophobic and nanostructured material**

**Publication number:** DE10323155  
**Publication date:** 2004-12-09  
**Inventor:** NUN EDWIN (DE); OLES MARKUS (DE)  
**Applicant:** CREAVIS TECH & INNOVATION GMBH (DE)  
**Classification:**  
- international: **B01D45/08; B01D45/00;** (IPC1-7): B01D45/08  
- european: B01D45/08  
**Application number:** DE20031023155 20030522  
**Priority number(s):** DE20031023155 20030522

Report a data error here

**Abstract of DE10323155**

A separator for the removal of liquid in droplet or aerosol form, from a gas stream, comprises a separation element located at the separation region. The element consists of a material with hydrophobic and nanostructured characteristics. A cascade of separation elements is used. The elements consist of polymer fibers.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 23 155 A1 2004.12.09**

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 23 155.2**

(22) Anmeldetag: **22.05.2003**

(43) Offenlegungstag: **09.12.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B01D 45/08**

(71) Anmelder:

**CREAVIS Gesellschaft für Technologie und  
Innovation mbH, 45772 Marl, DE**

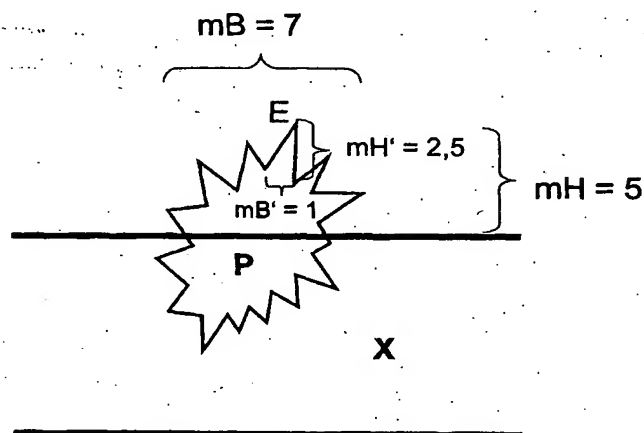
(72) Erfinder:

**Nun, Edwin, Dipl.-Chem. Dr., 48727 Billerbeck, DE;  
Oles, Markus, Dipl.-Phys. Dr., 45525 Hattingen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Flüssigkeitspartikelabscheider**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Flüssigkeitspartikelabscheider zur Abscheidung von in Tropfen oder als Aerosol vorliegenden Flüssigkeitspartikeln aus einem mit Flüssigkeit beladenen Gasstrom, wobei dieser dadurch gekennzeichnet ist, dass sich im Abscheidebereich des Flüssigkeitspartikelabscheiders zumindest ein Abscheideelement befindet, das ein Gewebe mit hydrophoben und nanostrukturierten Eigenschaften aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Flüssigkeitspartikelabscheider zur Abscheidung von in Tropfen oder als Aerosol vorliegenden Flüssigkeitspartikel aus einem mit Flüssigkeit beladenen Gasstroms.

**[0002]** Flüssigkeitspartikel in Gasströmen entstehen beispielsweise durch Kondensationsvorgänge nach einer Kühlung durch Flüssigkeitseinsprühung, durch Absorptions- und Waschvorgänge oder dadurch dass Flüssigkeitspartikel aus einem Gas-Flüssigkeitsgemisch, beispielsweise bei Eindampfprozessen, mitgerissen werden.

**Stand der Technik**

**[0003]** Zur Abscheidung von Flüssigkeitspartikeln aus einem mit Flüssigkeit beladenen Gasstroms werden gemäß dem Stand der Technik Tropfenabscheider verwendet, um somit chemische und auch petrochemische Prozesse durch die Entfernung dieser störenden Flüssigkeitspartikel zu optimieren. Auf diese Weise können Kondensatverunreinigungen vermieden und wertvolle Flüssigkeitsanteile zurückgewonnen werden. Durch den Einsatz von Tropfenabscheidern können die Emissionsgrenzwerte eingehalten und mögliche Korrosion- und Erosionsprozesse verhindert werden.

**[0004]** Gemäß dem Stand der Technik unterscheidet man zwischen Zyklonen, Prallflächen-Tropfenabscheider sowie Tropfenabscheider, die ein Kunststoff- und/oder Metallgestricke aufweisen.

**[0005]** Prallflächen-Tropfenabscheider können Abscheidungsgrade in Abhängigkeit vom Grenztropfen und von dem Eingangstropfenspektrum von bis zu 99,9% aufweisen. Sie bestehen aus vielen Prallelementen, die im allgemeinen als zickzackförmig geknickte Lamellen angeordnet sind. Das strömende Gas-Flüssigkeitsgemisch wird an diesen Lamellen mehrfach umgelenkt und die Flüssigkeitspartikel können wegen der Massenträgheit diesen Umlenkungen nicht folgen und werden an den Lamellen abgeschieden. Nasen oder Rinnen leiten die abgeschiedene Flüssigkeit aus dem Strömungsbereich heraus. Nachteil dieser Prallflächen-Tropfenabscheider ist, dass durch die vielen Umlenkungen zwar der Abscheidungsgrad und somit der Widerstand des Tropfenabscheiders erhöht wird, jedoch ein Druckverlust in Kauf genommen werden muss. Je kleiner der Durchmesser der Flüssigkeitspartikel ist, um so mehr Aufwand muss bezüglich der Gasgeschwindigkeit und der Schikanen getroffen werden. Für die Abscheidungsleistung dieser Tropfenabscheider müssen relativ hohe Druckverluste des Gasstroms und eine erhöhte Verschmutzungsanfälligkeit des Tropfenabscheiders in Kauf genommen werden.

**[0006]** Zahlreiche Patentanmeldungen und Patentschriften beschreiben geometrische Bauarten dieser Prallflächen-Tropfenabscheider, um aufgrund der gewählten Geometrie die typischen Nachteile dieser Art von Tropfenabscheidern zu beheben oder einzuschränken, beispielsweise die Patentschrift DE 37 02 830 C1. Die Patentanmeldung DE 197 10 053 A1 beschreibt einen Prallflächen-Tropfenabscheider mit hochklappbaren Abscheideelementen, um somit die Inspektion und die manuelle Reinigung dieses Tropfenabscheiders zu erleichtern.

**[0007]** Einen Tropfenabscheider mit einem Metallgestrick beschreibt die Patentanmeldung DE 198 05 444. Neben der Abscheidung von Flüssigkeitspartikel in Form von Tropfen und Aerosolen können in der flüssigen oder gasförmigen Phase enthaltenen oxidierbaren Verbindungen in der Abluft- oder Abgasstrom partiell oxidiert werden.

**[0008]** Übliche Tropfenabscheider haben Anströmgeschwindigkeiten von ca. 5 bis 9 m/s. Damit können Tropfen mit einem Durchmesser von größer 10 µm abgeschieden werden. Bei großen Volumenströmen bedeutet dies einen erheblichen technischen Aufwand, verbunden mit einem hohen Volumenbedarf, der durch eine Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeiten einhergeht.

**[0009]** Bei einem Durchmesser der Flüssigkeitspartikel von kleiner 10 µm spricht man nicht mehr von Tropfen sondern von Aerosolen. Tropfenabscheider können mit Aerosolabscheidern kombiniert werden, hierbei reduziert sich die Anströmgeschwindigkeit auf Werte von ca. 1 bis 3 m/s. Zwangsweise bedingt dies ein erneutes Absenken der Strömungsgeschwindigkeit verbunden mit einer weiteren Erhöhung des Raumbedarfes.

**[0010]** Die oben genannten Flüssigkeitspartikelabscheider haben den Nachteil, dass je kleiner der Durchmesser der abzutrennenden Flüssigkeitspartikel ist, desto größer muss die Zahl der Umlenkungen des beladenen Gasstroms sein. Dies ist jedoch gleichbedeutend, dass die Strömungsgeschwindigkeit reduziert wird und durch die erhöhte Anzahl von technischen Einbauten in einem Flüssigkeitspartikelabscheider auch der Raumbedarf größer wird. Hinzu kommt, dass bei einer Reduktion der Strömungsgeschwindigkeit der Durchmesser eines Abluftrohres an der Stelle des Flüssigkeitspartikelabscheiders dem entsprechend erhöht werden muss, um den Volumenstrom konstant halten zu können. Um Aerosole, d.h. Flüssigkeitspartikel mit einem Durchmesser von  $10^{-3}$  bis 10 µm, aus einem beladenen Gasstrom abzutrennen, werden gemäß dem Stand der Technik Flüssigkeitspartikelabscheider mit einer hohen Oberfläche, wie beispielsweise mit Fasertiefbettfilter, eingesetzt. Aufgrund der erforderlichen geringen Strömungsgeschwindigkeiten neigen diese Filter zum

"Fluten". Eine Abscheidung von Flüssigkeitspartikel insbesondere von Aerosolen bei höheren Anströmungsgeschwindigkeiten sind somit von hohem wirtschaftlichen Interesse.

#### Aufgabenstellung

**[0011]** Es bestand daher die Aufgabe einen Flüssigkeitspartikelabscheider zur Verfügung zu stellen, der verbesserte Eigenschaften gegenüber dem Stand der Technik aufweist. Insbesondere sollte der erfindungsgemäße Flüssigkeitspartikelabscheider ein höheres Verhältnis von Abscheidungsgrad zu Raumbedarf aufweisen.

**[0012]** Überraschenderweise wurde gefunden, dass zur Abscheidung von in Tropfen oder als Aerosol vorliegenden Flüssigkeitspartikel aus einem mit Flüssigkeit beladenen Gasstroms ein Flüssigkeitspartikelabscheider eingesetzt werden kann, der im Abscheidebereich zumindest ein Abscheideelement mit einem hydrophoben, nanostrukturierten Gewebe aufweist. Von Vorteil ist hierbei, dass das hydrophobe, nanostrukturierte Gewebe für den Gasstrom permeabel ist, jedoch für die Flüssigkeitspartikel impermeabel ist. Die Flüssigkeitspartikel sammeln sich an der Unterseite des Gewebes und fließen auf grund der Neigung des Abscheideelements zur Seite ab und können von dort abtransportiert werden. Dieser erfindungsgemäße Flüssigkeitspartikelabscheider hat den Vorteil gegenüber denen gemäß dem Stand der Technik, dass keine zusätzliche Umlenkungen notwendig sind, falls das Flüssigkeitspartikelspektrum zu kleiner Partikeldurchmesser sich verschiebt. Auf diese Weise kann mit einem annähernd konstanten Raumbedarf gerechnet werden. Da ein zahlreiches Umlenken des beladenen Gasstroms ausbleibt, ist auch keine deutliche Absenkung der Strömungsgeschwindigkeit notwendig.

**[0013]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein Flüssigkeitspartikelabscheider zur Abscheidung von in Tropfen oder als Aerosol vorliegenden Flüssigkeitspartikel aus einem mit Flüssigkeit beladenen Gasstroms, welcher dadurch gekennzeichnet ist, dass sich im Abscheidebereich des Flüssigkeitspartikelabscheiders zumindest ein Abscheideelement befindet, das ein Gewebe mit hydrophoben und nanostrukturierten Eigenschaften aufweist.

**[0014]** Das Abscheideelement des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders basiert auf den Erkenntnissen des Lotus-Effekts – der Selbstreinigung von Oberflächen.

**[0015]** Das Prinzip von selbstreinigenden und wasserabweisenden Oberflächen ist allgemein bekannt. Zum Erzielen einer guten Selbstreinigung einer Oberfläche muss selbige neben einer sehr hydrophoben Oberfläche auch eine gewisse Rauigkeit auf-

weisen. Eine geeignete Kombination aus Struktur und Hydrophobie macht es möglich, dass schon geringe Mengen bewegten Wassers auf der Oberfläche haftende Schmutzpartikel mitnehmen und die Oberfläche reinigen (WO 96/04123; US-3,354,022).

**[0016]** Stand der Technik ist gemäß EP 0 933 388, dass für solche selbstreinigenden und wasserabweisenden Oberflächen ein Aspektverhältnis von  $> 1$  und eine Oberflächenenergie von  $< 20$  mN/m erforderlich sind. Das Aspektverhältnis ist hierbei definiert als der Quotient von Höhe zur Breite der Struktur. Die vorgenannten Kriterien sind in der Natur, beispielsweise auf dem Lotusblatt, realisiert. Die aus einem hydrophoben wachsartigen Material gebildete Oberfläche der Pflanze weist Erhebungen auf, die einige  $\mu\text{m}$  voneinander entfernt sind. Wassertropfen kommen im Wesentlichen nur mit den Spitzen der Erhebungen in Berührung. Solche abstoßenden Oberflächen werden in der Literatur vielfach beschrieben.

#### Ausführungsbeispiel

**[0017]** Der erfindungsgemäße Flüssigkeitspartikelabscheider zur Abscheidung von in Tropfen oder als Aerosol vorliegenden Flüssigkeitspartikel aus einem mit Flüssigkeit beladenen Gasstroms, kennzeichnet sich dadurch, dass sich im Abscheidebereich des Flüssigkeitspartikelabscheiders zumindest ein Abscheideelement befindet, das ein Gewebe mit hydrophoben und nanostrukturierten Eigenschaften aufweist.

**[0018]** Vorzugsweise weist der erfindungsgemäße Flüssigkeitspartikelabscheider mehrere Abscheideelemente mit einem Gewebe auf, das hydrophobe und nanostrukturierte Eigenschaften aufweist. Bevorzugt befindet sich im Abscheidebereich eine Kaskade von Abscheideelementen, wobei jedes der Abscheideelemente ein Gewebe mit hydrophoben und nanostrukturierten Eigenschaften aufweist. Dies bedeutet das der beladene Gasstrom alle Abscheideelemente des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders durchströmen kann. Besonders bevorzugt weisen die Gewebe der Abscheideelemente eine größere Porenweite auf, je näher sie sich dem Eintrittsbereich des beladenen Gasstroms in den Flüssigkeitspartikelabscheider befinden. Auf diese Weise können an dem ersten zu durchströmenden Abscheideelement aufgrund der größeren Porenweite Flüssigkeitspartikel mit einem größeren Durchmesser abgeschieden werden, während Flüssigkeitspartikel mit einem kleineren und mittleren Durchmesser ungehindert das erste Abscheideelement durchströmen können. Eine Fraktionierung nach Tropfengröße ist somit möglich. Die Flüssigkeitspartikel mit einem mittleren bzw. kleineren Durchmesser werden erst an einem der folgenden Abscheideelemente abgeschieden. Auf diese Weise kann ein „Fluten“ der Abscheideelemente unterbunden werden.

**[0019]** Bevorzugt werden die Abscheideelemente nicht waagrecht in den erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheider eingebaut, sondern die Abscheideelemente weisen einen Neigungswinkel insbesondere von  $10^\circ$  bis  $60^\circ$ , bevorzugt von  $15^\circ$  bis  $45^\circ$ , besonders bevorzugt von  $15^\circ$  bis  $30^\circ$  zur axialen Strömungsrichtung des beladenen Gasstromes in den Flüssigkeitspartikelabscheider auf.

**[0020]** Der erfindungsgemäße Flüssigkeitspartikelabscheider weist bevorzugt ein Gewebe in den Abscheideelementen auf, das an seiner Oberfläche Feststoffpartikel mit hydrophoben Eigenschaften und einer unregelmäßigen Feinstruktur im Nanometerbereich an der Partikeloberfläche aufweisen.

**[0021]** Die Feststoffpartikel des Gewebes in den Abscheideelementen des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders weisen vorzugsweise einen mittleren Partikeldurchmesser von 20 nm bis 100  $\mu\text{m}$ , insbesondere von 50 nm bis 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt von 50 nm bis 2  $\mu\text{m}$  und besonders bevorzugt von 50 nm bis 500 nm auf.

**[0022]** Die Gewebe in den Abscheideelemente des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders können Feststoffpartikel im Sinne von DIN 53 206 aufweisen. Gemäß dieser Norm können diese Feststoffpartikel auch Aggregate oder Agglomerate sein, wobei gemäß DIN 53 206 unter Aggregaten flächig oder kantenförmig aneinander gelagerte Primärteilchen (Partikel) und unter Agglomeraten punktförmig aneinandergelagerte Primärteilchen (Partikel) verstanden werden.

**[0023]** Die Struktur solcher Feststoffpartikel kann sphärisch, streng sphärisch, mäßig aggregiert, nahezu sphärisch, äußerst stark agglomeriert oder porös agglomeriert sein. Die Größe solcher Agglomerate bzw. Aggregate im Gewebe eines Abscheideelements des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders beträgt vorzugsweise von 20 nm bis 100  $\mu\text{m}$ , insbesondere von 0,2  $\mu\text{m}$  bis 30  $\mu\text{m}$ .

**[0024]** Das Gewebe der erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheider weist bevorzugt Feststoffpartikel auf, die eine unregelmäßige Feinstruktur im Nanometerbereich, also mit Erhebungen und Abständen im Bereich von 1 bis 1000 nm, vorzugsweise von 2 bis 750 nm und ganz besonders bevorzugt von 10 bis 100 nm, auf ihrer Oberfläche aufweisen. Unter Feinstruktur werden Strukturen verstanden, die Höhen, Zacken, Spalten, Grate, Risse, Hinterschnitte, Kerben und/oder Löcher in den oben genannten Abständen und Bereichen aufweisen. Die Feinstruktur der hydrophoben Partikel kann bevorzugt Erhebungen mit einem Aspektverhältnis von größer 1, besonders bevorzugt größer 1,5 aufweisen. Das Aspektverhältnis ist wiederum definiert als Quotient aus maximaler Höhe zu maximaler Breite der Erhebung, bei

Graten oder anderen längsgeformten Erhebungen wird die Breite quer zur Längsrichtung herangezogen. Bevorzugt weisen diese Feststoffpartikel eine BET-Oberfläche von 20  $\text{m}^2/\text{g}$  bis 1000  $\text{m}^2/\text{g}$ , besonders bevorzugt von 50  $\text{m}^2/\text{g}$  bis 200  $\text{m}^2/\text{g}$  auf.

**[0025]** Die sich auf bzw. an dem Gewebe befindlichen Feststoffpartikel können aus einem Material sein, ausgewählt aus Silikaten, Mineralien, Metalloxiden, Metallpulvern, Kieselsäuren und/oder Polymeren. Besonders bevorzugt können diese Feststoffpartikel Silikate, insbesondere dotierte oder pyrogene Silikate, Mineralien, Metalloxide, insbesondere Titanoxid oder Zirkonoxid, Aluminiumoxid, Kieselsäuren, insbesondere Aerosile, oder pulverförmige Polymere, wie z. B. sprühgetrocknete und agglomerierte Emulsionen oder cryogemahlenes PTFE, aufweisen bzw. sein. Solche Feststoffpartikel weisen vorzugsweise zumindest eine Verbindung, ausgewählt aus pyrogener Kieselsäuren, Fällungskieselsäuren, Aluminiumoxid, Siliziumdioxid, pyrogenen und/oder dotierten Silikaten oder pulverförmige Polymeren auf. Ganz besonders bevorzugt können diese hydrophoben Feststoffpartikel Kieselsäuren sein.

**[0026]** Bevorzugt weist das Gewebe des Abscheideelements des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders Feststoffpartikel auf, die hydrophobe Eigenschaften aufweisen. Diese hydrophobe Eigenschaft dieser Feststoffpartikel kann durch das verwendete Material der Feststoffpartikel inhärent vorhanden sein, wie beispielsweise beim Polytetrafluorethylen (PTFE). Die Feststoffpartikel können jedoch auch nach einer geeigneten Behandlung hydrophobe Eigenschaften aufweisen, wie z. B. nach einer Behandlung mit zumindest einer Verbindung aus der Gruppe der Fluoralkylsilane, der Alkylsilane, der Perfluoralkylsilane, der Paraffine, der Wachse, der Fettsäureester, der funktionalisierten langkettigen Alkan-derivate, Disilazane oder der Alkyldisilazane.

**[0027]** Als Feststoffpartikel eignen sich im Besonderen hydrophobisierte pyrogene Kieselsäuren, sogenannte Aerosile. Beispiele für hydrophob ausgerüstete Feststoffpartikel sind z. B. das Aerosil® VPR 411, Aerosil® R202, Aerosil® VPLe 8241, Aeroxide LE1 oder Aerosil® R 8200. Beispiele für durch eine Behandlung mit Perfluoralkylsilan und anschließende Temperung hydrophobierbarer Feststoffpartikel sind z. B. Aeroperl® 90/30, Sipernat® Kieselsäure 350, Aluminiumoxid® C, vanadiumdotiertes Zirkoniumsilikat oder Aeroperl® P 25/20.

**[0028]** Der erfindungsgemäße Flüssigkeitspartikelabscheider weist bevorzugt Abscheideelemente mit einem Gewebe aus Polymerfasern auf, die an ihrer Oberfläche Feststoffpartikel mit hydrophoben Eigenschaften und einer unregelmäßigen Feinstruktur im Nanometerbereich an der Partikeloberfläche aufweisen. Eine detaillierte Beschreibung solcher Polymer-

fasern und deren Herstellung ist Gegenstand der Patentanmeldung DE 10 29 116.

**[0029]** Die Feststoffpartikel auf bzw. in der Polymerfaseroberfläche des Gewebes der erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders weisen vorzugsweise Abstände im Bereich des von 0- bis 10-fachen Partikeldurchmessers, insbesondere im Bereich des von 2- bis 3-fachen Partikeldurchmessers auf. Vorzugsweise weisen diese Feststoffpartikel eine durchschnittliche Eindringtiefe in die Polymerfasern von maximal der Hälfte des Partikeldurchmessers, besonders bevorzugt eine durchschnittliche Eindringtiefe von maximal einem Drittel des Partikeldurchmessers auf.

**[0030]** Das Gewebe des Abscheideelements des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders weist vorzugsweise Polymerfasern aus thermoplastischen Kunststoffen auf. Die Polymerfasern können nahezu aus allen polymeren Materialien bestehen, solange diese Materialien dem Spinnen aus der Schmelze oder dem Trockenspinnen zugänglich sind. Vorzugsweise weist das Gewebe Polymerfasern aus einem Material, ausgewählt aus Polycarbonaten, Polymethylmethacrylaten, Polyamiden, insbesondere PA66, PA12, PA11, PA6, Polykondensat aus 1,12-Decandisäure und trans,trans-Diaminodicyclohexylmethan (70% trans), aromatische Polyamide, wie z. B. polykondensierte Polyamide aus Terephthalsäure mit einem 1:1-Gemisch aus 2,2,4- und 2,4,4-Trimethylhexamethylen-diamin, PVC, Polyethylenen, Polypropylenen, Polystyrolen, Polyestern, wie z. B. Diolen, Polyethersulfonen oder Polyalkylenterephthalaten, wie z. B. Polyethylenterephthalat (PET), Polybutylenterephthalat (PBT), Celluloseacetat, Acrylfasern aus mindestens 85% Acrylnitril mit z. B. 2-Vinylpyridin, N-Vinylpyrrolidin, Vinylacetat, Methallylsulfonsäure oder ähnlichem copolymerisiert sowie deren Gemische oder Copolymere oder Modacrylfasern, die definitionsgemäß von 35 % bis 84 % aus Acrylnitril, meist mit Vinylchlorid oder Vinylidenchlorid als Copolymer bestehen, auf.

**[0031]** Die Polymerfasern des Gewebes im Abscheideelement des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders, die an bzw. in ihrer Oberfläche Feststoffpartikel aufweisen, weisen vorzugsweise eine Dehnbarkeit und eine Festigkeit auf, die denen von Polymerfasern, die in ihrer Oberfläche keine Partikel aufweisen, ähneln oder gleichen. Bevorzugt weisen diese Polymerfasern einen Durchmesser von 50 µm bis 400 µm, besonders bevorzugt einen Durchmesser von 75 µm bis 250 µm auf.

**[0032]** Besonders bevorzugt weist der erfindungsgemäße Flüssigkeitspartikelabscheider Abscheideelemente mit einem hydrophoben, nanostrukturierten Gewebe auf, das aus einem Verbundwerkstoff auf Basis eines mit einer Vielzahl von Öffnungen verse-

henen Substrats mit einer auf und in diesem Substrat befindlichen porösen anorganischen Beschichtung besteht, wobei die innere und/oder äußere Oberflächen des Verbundwerkstoffes zumindest teilweise eine Struktur aus Erhebungen mit einer mittleren Höhe der Erhebungen von 1 nm bis 100 µm und einem mittleren Abstand der Erhebungen voneinander von 1 nm bis 100 µm, vorzugsweise mit einer mittleren Höhe der Erhebungen von 50 nm bis 4 µm und/oder einem mittleren Abstand von 50 nm bis 4 µm, die durch hydrophobe Feststoffpartikel gebildet werden, aufweist.

**[0033]** Unter den inneren Oberflächen dieses Verbundwerkstoffes werden die Oberflächen der Poren, insbesondere der offenen Poren des Verbundwerkstoffes verstanden. Die äußeren Oberflächen stellen die Außenflächen des Verbundwerkstoffes dar. Handelt es sich bei dem Verbundwerkstoff um eine flächige Membran bzw. ein flächiges Gebilde, so kann eine Seite (Oberfläche), beide Seiten oder alle Seiten des Verbundwerkstoffes und die inneren Oberflächen ganz oder teilweise mit einer entsprechenden Struktur aus Erhebungen ausgerüstet sein. Vorzugsweise sind sowohl die inneren als auch die äußeren Oberflächen des Verbundwerkstoffes mit einer Struktur aus Erhebungen im genannten Bereich ausgerüstet.

**[0034]** Ganz besonders bevorzugt weisen die Oberflächen des Verbundwerkstoffes, der als Gewebe im Abscheideelement des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders genutzt wird, Strukturen mit Erhebungen mit einer mittleren Höhe von 0,3 bis 1 µm und einem mittleren Abstand von 0,3 bis 1 µm auf. Unter dem mittleren Abstand der Erhebungen wird im Sinne der vorliegenden Erfindung der Abstand der höchsten Erhebung einer Erhebung zur nächsten höchsten Erhebung verstanden. Hat eine Erhebung die Form eines Kegels, so stellt die Spitze des Kegels die höchste Erhebung der Erhebung dar. Handelt es sich bei der Erhebung um einen Quader, so stellt die oberste Fläche des Quaders die höchste Erhebung der Erhebung dar. Die mittlere Breite der Erhebungen beträgt vorzugsweise von 1 nm bis 100 µm, bevorzugt von 50 nm bis 4 µm und ganz besonders bevorzugt 0,3 bis 1 µm. Die mittlere Breite der Erhebungen wird in halber Höhe der Erhebungen gemessen und über die kleinste und größte Breite gemittelt. Die mittlere Breite eines Kegels oder eines Zylinders entspricht somit dem Durchmesser des Zylinders bzw. Kegels in halber Höhe. Die mittlere Breite eines Würfels ergibt sich als das Mittel aus Länge der Seitenfläche plus Länge der Flächendiagonalen. Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die Oberfläche des Verbundwerkstoffes im Abscheideelement Feststoffpartikel in einem Abstand im Bereich von 0- bis 10-fachen, insbesondere im Bereich von 0- bis 3-fachen Partikeldurchmessern zueinander aufweist.

**[0035]** In Fig. 1 wird der Unterschied der Erhebun-

gen, die durch die Feststoffpartikel gebildet werden, und die Erhebungen, die durch die Feinstruktur gebildet werden, schematisch verdeutlicht. Die Figur zeigt die Oberfläche eines Verbundwerkstoffes X, der Feststoffpartikel P aufweist (Zur Vereinfachung der Darstellung ist nur ein Feststoffpartikel abgebildet). Die Erhebung, die durch den Feststoffpartikel selbst gebildet wird, weist ein Aspektverhältnis von ca. 0,71 auf, berechnet als Quotient aus der maximalen Höhe des Partikels  $mH$ , die 5 beträgt, da nur der Teil des Feststoffpartikels einen Beitrag zur Erhebung leistet, der aus der Oberfläche des Verbundwerkstoffes X herausragt, und der maximalen Breite  $mB$ , die im Verhältnis dazu 7 beträgt. Eine ausgewählte Erhebung der Erhebungen E, die durch die Feinstruktur der Feststoffpartikel auf den Partikeln vorhanden sind, weist ein Aspektverhältnis von 2,5 auf, berechnet als Quotient aus der maximalen Höhe der Erhebung  $mH'$ , die 2,5 beträgt und der maximalen Breite  $mB'$ , die im Verhältnis dazu 1 beträgt.

**[0036]** Als Verbundwerkstoff für das Gewebe des Abscheideelements in dem erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders eignen sich vorzugsweise Verbundwerkstoffe, die auf einem porösen Substrat eine poröse anorganische Beschichtung, insbesondere Membrane, wie z. B. keramische Membranen oder Hybridmembrane, aufweisen. Bevorzugte Verbundwerkstoffe sind z. B. solche, wie sie in den Dokumenten WO 99/15262, WO 99/62620 WO 99/62624, WO 02/47801 und WO 02/47802, auf die ausdrücklich verwiesen wird, beschrieben werden. Bevorzugte Verbundwerkstoffe weisen als Substrat gewebte und/oder ungewebte Fasern oder Filamente von Metallen, Naturfasern, Glasern, Keramiken oder Polymeren auf. Das Fasern oder Filamente aufweisende Substrat kann z. B. ein Gewebe, Gewirke und/oder Vlies sein. Besonders bevorzugte Verbundwerkstoffe weisen ein Substrat auf, das ausgewählt ist aus Polymerfaservliesen, Metalldrahtgeweben oder Glasfasergeweben. Ganz besonders bevorzugte Verbundwerkstoffe weisen ein Polymervlies auf. Die Polymerfasern sind dabei bevorzugt ausgewählt aus Polyacrylnitril, Polyamiden, Polyimiden, Polyacrylaten, Polytetrafluorethylen, Polyester, wie z. B. Polyethylenterephthalat, und/oder Polyolefinen, wie z. B. Polypropylen, Polyethylen, oder Mischungen dieser Polymere. Besonders bevorzugt weist das Substrat des eingesetzten Verbundwerkstoffes eine Dicke von weniger als 200  $\mu\text{m}$  auf. Es kann besonders vorteilhaft sein, wenn der erfindungsgemäße Verbundwerkstoff ein Substrat aufweist, welches eine Dicke von 25 bis 100  $\mu\text{m}$  und besonders bevorzugt von 30 bis 70  $\mu\text{m}$  aufweist.

**[0037]** Bevorzugt weist der Verbundwerkstoff in dem Abscheideelement des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders eine Porosität von 10 % bis 70 %, bevorzugt von 20 % bis 60 % und besonders bevorzugt von 30 % bis 50 % auf. Diese Ver-

bundwerkstoffe weisen vorzugsweise eine mittlere Porengröße von 5 bis 5000 nm, besonders bevorzugt von 10 bis 1000 nm und ganz besonders bevorzugt von 100 bis 800 nm auf. Die Bestimmung der mittleren Porengröße und der Porosität mittels Quecksilberporosimetrie kann z. B. mit einem Porosimeter 4000 von Carlo Erba Instruments erfolgen. Zur Methode der Quecksilberporosimetrie sei auf die Washburn-Gleichung (E. W. Washburn, "Note on a Method of Determining the Distribution of Pore Sizes in a Porous Material," Proc. Natl. Acad. Sci., 7, 115-16 (1921)) sowie dieses Zitat aufgreifende Veröffentlichungen verwiesen.

**[0038]** Diese Verbundwerkstoffe in den Abscheideelementen des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders weisen vorzugsweise eine besonders hohe Hydrophobizität auf. Als Maß für die Hydrophobizität der erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffe kann dabei z. B. die Höhe einer Wassersäule, die auf diesen Verbundwerkstoffen aufgebaut werden kann, herangezogen werden. Die Höhe der Wassersäule ist dabei nicht nur von der Hydrophobizität sondern auch von der Porosität des Verbundwerkstoffes abhängig. Bevorzugte Verbundwerkstoffe zeichnen sich dadurch aus, dass aus diesen eine Wassersäule gem. DIN EN13562 von vorzugsweise zumindest 4 cm, bevorzugt von zumindest 10 cm, besonders bevorzugt von zumindest 50 cm und ganz besonders bevorzugt von zumindest 100 cm Höhe aufgebaut werden kann.

**[0039]** Der erfindungsgemäße Flüssigkeitspartikelabscheider kann vorzugsweise zur Abtrennung von Flüssigkeitspartikeln in Tropfenform, somit einer Partikelgröße von kleiner 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt jedoch für Aerosole mit einer Partikelgröße von kleiner 30  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt von kleiner 20  $\mu\text{m}$  verwendet werden.

**[0040]** Typische Einsatzgebiete des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders sind das Abscheiden von diversen Säureaerosole in Anlagen und Verfahren der chemischen Industrie, als Abscheider über Biowäschern oder Biogasanlagen. Insbesondere bei der Verwendung des erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheiders über Biowäschern bzw. Biogasanlagen kann es vorteilhaft sein, den erfindungsgemäßen Flüssigkeitspartikelabscheider mit einer zusätzlichen kontaktbioziden Ausrüstungen, wie sie beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 101 39 574 beschrieben ist. Für die Entfernung und Rückgewinnung von Ölnebel an Turbinen oder Verdichteranlagen ist es vorteilhaft die nanostrukturierte Gewebeoberfläche oleophob auszurüsten. Derartige Verfahren bedienen sich in der Regel der perfluorierter Oberflächenchemie und sind beispielsweise in der Produktbeschreibung für Dynasylan® F8800 der Degussa AG beschrieben.



**Patentansprüche**

1. Flüssigkeitspartikelabscheider zur Abscheidung von in Tropfen oder als Aerosol vorliegenden Flüssigkeitspartikel aus einem mit Flüssigkeit beladenen Gasstroms, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich im Abscheidebereich des Flüssigkeitspartikelabscheiders zumindest ein Abscheideelement befindet, das ein Gewebe mit hydrophoben und nanostrukturierten Eigenschaften aufweist.

2. Flüssigkeitspartikelabscheider nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Abscheidebereich eine Kaskade von Abscheideelementen befindet, die jeweils ein Gewebe mit hydrophoben und nanostrukturierten Eigenschaften aufweisen.

3. Flüssigkeitspartikelabscheider nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gewebe der Abscheideelemente eine größere Porenweite aufweisen, je näher sie sich dem Eintrittsbereichs des beladenen Gasstroms in den Flüssigkeitspartikelabscheider befinden.

4. Flüssigkeitspartikelabscheider nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewebe an seiner Oberfläche Feststoffpartikel mit hydrophoben Eigenschaften und einer unregelmäßigen Feinstruktur im Nanometerbereich an der Partikeloberfläche aufweist.

5. Flüssigkeitspartikelabscheider nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewebe aus Polymerfasern besteht, die an ihrer Oberfläche Feststoffpartikel mit hydrophoben Eigenschaften und einer unregelmäßigen Feinstruktur im Nanometerbereich an der Partikeloberfläche aufweisen.

6. Flüssigkeitspartikelabscheider nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewebe aus einem Verbundwerkstoff auf Basis eines mit einer Vielzahl von Öffnungen versehenen Substrates mit einer auf und in diesem Substrat befindlichen porösen anorganischen Beschichtung besteht, wobei die innere und/oder äußere Oberflächen des Verbundwerkstoffes zumindest teilweise eine Struktur aus Erhebungen mit einer mittleren Höhe der Erhebungen von 1 nm bis 100 µm und einem mittleren Abstand der Erhebungen voneinander von 1 nm bis 100 µm, die durch hydrophobe Feststoffpartikel gebildet werden, aufweist.

7. Flüssigkeitspartikelabscheider nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abscheideelemente in einem Neigungswinkel von 10° bis 60° zur axialen Strömungsrichtung des beladenen Gasstromes in den Flüssigkeitspartikelabscheider eingebaut sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



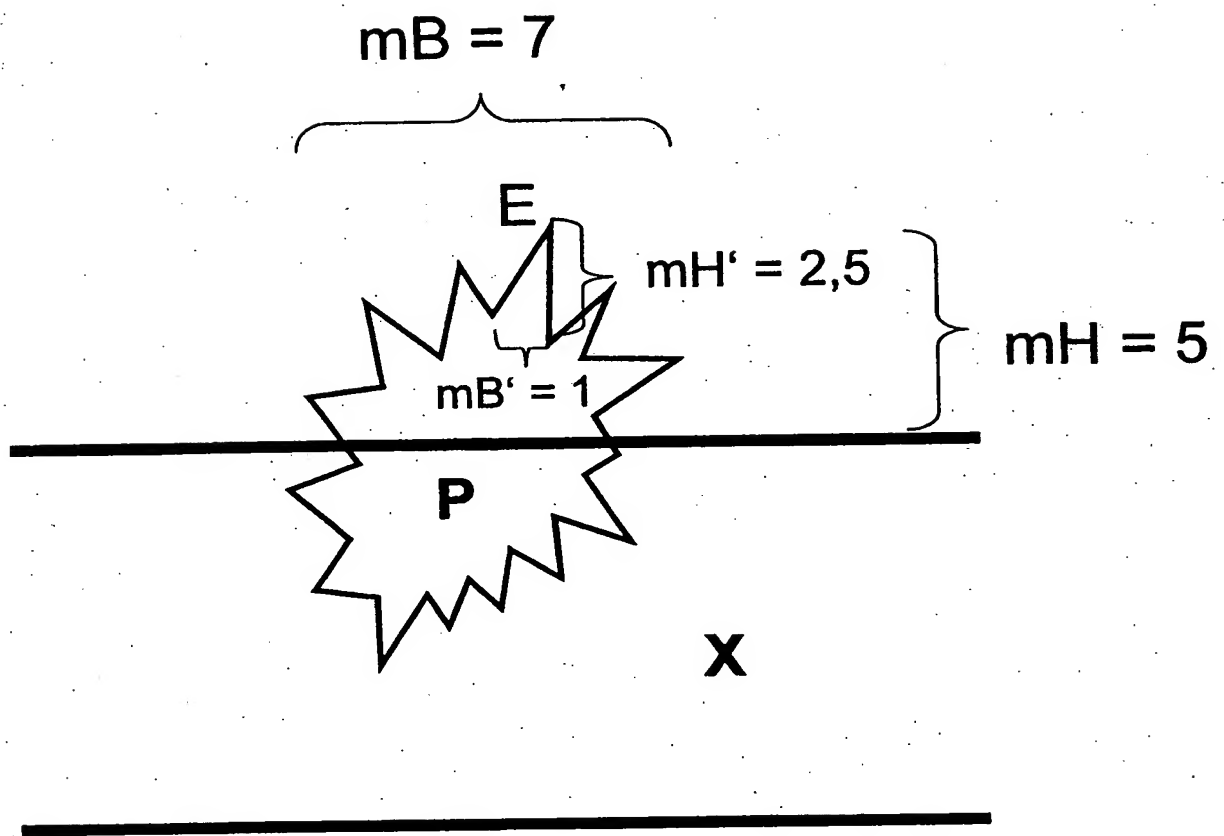


Fig. 1